



**CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT**

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 198 58 106.8

Anmeldetag: 16. Dezember 1998

Anmelder/Inhaber: Telefonaktiebolaget L M Ericsson (publ),
Stockholm/SE

Bezeichnung: Empfänger und Verfahren zum Verhindern einer
Zwischensymbolstörung in einem Hochge-
schwindigkeits-Übertragungssystem

IPC: H 04 L 5/06

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 1. Juni 2001
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Verf.

TELEFONAKTIEBOLAGET L M ERICSSON (publ)
STOCKHOLM / SCHWEDEN

Empfänger und Verfahren zum Verhindern einer
Zwischensymbolstörung in einem Hochgeschwindigkeits-
Übertragungssystem

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Empfänger gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und ein Verfahren zum Empfangen eines Signals auf einer Empfängerseite eines Übertragungssystems, wobei das Signal eine Vielzahl von Datensymbolen mit einem Präfix oder Vorsatzcode umfaßt, um eine gegenseitige Beeinflussung von aufeinanderfolgend übertragenen Datensymbolen zu verhindern, die durch Einschwingvorgänge des Übertragungspfades oder Transienten, die durch den Übertragungspfad gefiltert werden, bewirkt werden.

Technologischer Hintergrund

ADSL (Asymmetrical High Speed Digital Subscriber Line) und VDSL (Very High Speed Digital Subscriber Line)-Systeme, die üblicherweise als xDSL-Systeme bezeichnet werden, verwenden eine gewöhnliche Telefonleitung, um digitale Daten mit einer hohen Geschwindigkeit zu übertragen. Dies wird mittels einer Überlagerung auf den analogen POTS-Service (Plain Old Telephone Service) ausgeführt. Mit Hilfe der xDSL-Technik können Telefongesellschaften die meisten der verlegten Leitungen verwenden, um neue Dienste oder Services einzuführen. Das xDSL-System verwendet ein höheres

Frequenzband als der gewöhnliche Telefonservice oder ein ISDN-Service (Integrated Services Digital Network).

Der Grundaufbau eines xDSL-Systems ist in Fig. 9 gezeigt. Die Bezugsziffer 1 in Fig. 9 bezeichnet eine Telefonvermittlung bzw. eine Fernsprechvermittlung, die über einen ersten LP (Tiefpaß)-Filter 2 mit einem Übertragungspfad 3 verbunden ist. Auf seiten der Telefonvermittlung ist ein erstes xDSL-Modem 4 über einen ersten HP (Hochpaß)-Filter 5 mit dem Übertragungspfad 3 verbunden. Der erste LP-Filter 2 und der erste HP-Filter 5 bilden einen ersten Splitterfilter oder Verteilerfilter 6, der verwendet wird, um den Telefon- oder ISDN-Service von einem Signal zu trennen, das von dem xDSL-System über den Übertragungspfad 3 übertragen wird. Der Übertragungspfad 3 kann beispielsweise eine verdrehte doppelte Teilnehmerleitung sein.

Auf seiten des Teilnehmers ist ein Teilnehmeranschluß 7, wie beispielsweise ein Telefon, vorgesehen, das über einen zweiten LP-Filter 8 mit dem Übertragungspfad 3 verbunden ist. Ein zweites xDSL-Modem 9 ist über einen zweiten HP-Filter 10 mit dem Übertragungspfad 3 verbunden. Der zweite LP-Filter 8 und der zweite HP-Filter 10 bilden einen zweiten Splitterfilter 11, der verwendet wird, um den Telefon- oder ISDN-Service von dem Signal zu trennen, das von dem xDSL-System übertragen wird.

Die Frequenzbänder, die für den Telefon- oder ISDN-Service und für ein VDSL-System verwendet werden, sind in Fig. 10 gezeichnet. Das Bezugszeichen A bezeichnet das Frequenzband, das für die Sprachübertragung von dem Telefonservice oder von dem ISDN-Service verwendet wird. Bei dem Telefonservice reicht das Frequenzband A von 0 Hz bis 3 kHz und bei einem ISDN-Service von 0 Hz bis 160 kHz. Das Frequenzband, das von dem VDSL-System verwendet wird, ist mit dem Bezugszeichen B bezeichnet. Wie in der Fig. 9 gezeigt ist, reicht dieses Frequenzband von 300 kHz bis 10 MHz.

Es ist erforderlich, daß die Eigenschaften des ersten und des zweiten Splitterfilters 6 und 7 dergestalt sind, daß die entsprechenden LP-Filter 2 oder 8 den Telefon- oder ISDN-Service hindurchlassen, das Frequenzband B jedoch, das von dem xDSL-System verwendet wird, unterdrückt bzw. herausgefiltert wird. Ferner ist es erforderlich, daß die Eigenschaften des entsprechenden HP-Filters 5 oder 10 dergestalt sind, daß das Frequenzband B, das für die Hochgeschwindigkeits-Datenübertragung von den xDSL-Systemen verwendet wird, durchgelassen wird, jedoch das Frequenzband A unterdrückt wird, d.h. nicht durchgelassen wird.

Ein Modulationsschema, das für ADSL standardisiert ist (das in dem ANSI-Standard für ADSL definiert ist, mit dem Titel "Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) Metallic Interface Specification", das von dem American National Standards Institute Inc. (ANSI) herausgegeben worden ist)) und das sich für VDSL empfiehlt, wird DMT (Discrete Multi Tone)-Modulation genannt. In DMT-Systemen werden Datensymbole auf eine Vielzahl von Trägern moduliert (vorzugsweise einem Satz von 256 Trägern mit equidistanten Frequenzen). Die Modulation ist eine QAM (Quadrature Amplitude Modulation), die für die Vielzahl von Trägern gleichzeitig ausgeführt wird, die dann zusammengefügt werden. Die Demodulation kann mittels einer FFT (Fast Fourier Transformation) ausgeführt werden. Die Modulation kann als eine IFFT (Inverse Fast Fourier Transformation) ausgeführt werden. Die Ausgabe von einer IFFT-Berechnung wird als ein DMT-Symbol bezeichnet. Eine detaillierte Beschreibung des Prinzips der DMT-Modulation ist in J.A.C. Bingham, "Multicarrier modulation for data transmission: an idea whose time has come, IEEE, Communications Magazine, Mai 1990, auf den Seiten 5 - 14 angegeben.

Ein häufig auftretendes Problem in solchen DMT-Systemen betreffend die HP-Filter, die in solchen xDSL-Systemen

verwendet werden, ist, daß es erforderlich ist, daß die HP-Filter 5 und 10, die in dem xDSL-Signalfad verwendet werden, eine höhere Ordnung aufweisen, um eine klare Trennung von dem Telefon- oder ISDN-Service oder -Dienst sicherzustellen. Diese Filter haben eine lange Impulsantwort, die bewirken kann, daß sich aufeinanderfolgend übertragene DMT-Symbole gegenseitig stören oder beeinflussen. Ein DMT-Symbol, das in den HP-Filter eingegeben wird, bewirkt Einschwingvorgänge oder Transienten in dem Filter. Wenn diese Einschwingvorgänge oder Transienten nicht abgeklungen sind, bevor das nächste DMT-Symbol eingegeben wird, erzeugen diese Einschwingvorgänge oder Transienten Verzerrungen oder Störungen in dem nächsten Symbol, so daß ein DMT-Symbol das folgende DMT-Symbol stört oder beeinflusst. Diese zwischen den Symbolen auftretende Störung wird als Zwischensymbolstörung bezeichnet (auch Zwischensymbolinterferenz oder intersymbol interference).

EP 0 802 649 A1 schlägt eine Lösung vor, um eine Zwischensymbolinterferenz, die durch Einschwingvorgänge oder Transienten, die in dem Übertragungspfad gefiltert werden, verursacht werden, zu kompensieren. Eine Präfix- und/oder eine Suffix- und/oder eine Symbolverlängerung wird vor jedem DMT-Symbol eingeführt, bevor das DMT-Symbol über den Übertragungspfad übertragen wird. Um eine Zwischensymbol-Störung zu verhindern, ist es erforderlich, daß die Länge dieser Präfix- und/oder Suffix- und/oder Symbolverlängerung zumindest gleich der Länge der entzerrten Kanalimpulsantwort des entsprechenden Übertragungspfades ist.

EP 0 725 509 A1 schlägt die Verwendung eines Präfixes vor, das eine Länge von p -Bits (wobei p eine ganze Zahl ist) aufweist, deren Werte gleich den Werten von p -Bits an dem Ende des entsprechenden Datensymbols sind.

Fig. 11a zeigt ein DMT-Symbol mit einem Präfix, das vor dem DMT-Symbol angeordnet ist. Das Präfix ist eine Kopie des Endes des DMT-Symbols.

Fig. 11b zeigt zwei aufeinanderfolgend gesendete DMT-Symbole 20 und 22, die jeweils ein Präfix 21 und 23 aufweisen. Vor jedem dieser Präfixe 21 und 23 sind Einschwingvorgänge gezeigt oder Transienten, die in den Übertragungspfaden gefiltert werden. Die Ursache dieser Einschwingvorgänge oder Transienten wird im folgenden detaillierter mit Verweis auf Fig. 12 beschrieben.

Fig. 12 zeigt zwei der Vielzahl von Trägern in einem DMT-Signal. Die zwei Träger 30 und 31 haben unterschiedliche Frequenzen. Der erste Träger 30 hat eine erste Frequenz f_1 und der zweite Träger 31 hat eine zweite Frequenz f_2 . Die Bezugsziffer 24 bezeichnet ein erstes DMT-Symbol auf dem ersten Träger 30 mit einem Präfix 25, das von einem zweiten DMT-Symbol 26 mit einem Präfix 27 gefolgt wird.

Die Bezugsziffer 27 bezeichnet ein drittes DMT-Symbol auf dem zweiten Träger 31 mit einem Präfix 28, auf das ein viertes DMT-Symbol 29 mit einem Präfix 30 folgt. Der Fig. 12 ist zu entnehmen, daß alle Träger von dem Beginn des angegebenen Präfix zu dem Ende des entsprechenden DMT-Symbols kontinuierlich sein werden, wenn das Ende des entsprechenden DMT-Symbols als das entsprechende Präfix ausgewählt wird.

Darüber hinaus ist in Fig. 12 angegeben, daß die Transienten von Diskontinuitäten oder Unstetigkeiten in den Trägern 30 und 31 bewirkt werden. Fig. 12 zeigt Transienten oder Einschwingvorgänge, die zwischen dem Ende des DMT-Symbols 24 und 27 und dem Anfang des entsprechenden Präfixes 27 und 30 des folgenden DMT-Symbols 26 und 29 verursacht werden. Indem die Längen der entsprechenden Präfixe vor den DMT-Symbolen 26 und 29 in Übereinstimmung mit der Impulsantwort des Übertragungspfads ausgewählt werden, ist es möglich, eine Zwischensymbolstörung zu verhindern, da die Einschwingvorgänge oder Transienten, die von solchen Diskontinuitäten verursacht, abgeklungen sind, bevor die DMT-

Symbole 26 und 29, die die entsprechenden Daten umfassen, beginnen.

Mit einem Anstieg der Übertragungsrate werden die Erfordernisse an den HP-Filter auf der Empfängerseite immer größer, wodurch die HP-Filter insbesondere auf der Empfängerseite immer längere Impulsantworten aufweisen. Somit ist es erforderlich, um eine Zwischensymbolstörung zu verhindern, die Längen der Präfixe zu vergrößern.

Eine Verlängerung der Präfixe bewirkt jedoch eine Verringerung der Datenübertragungskapazität des Übertragungspfades, da die Übertragungszeit, die zur Übertragung der Präfixe erforderlich ist, ansteigt. Somit vergrößert sich die Übertragungszeit, die zur Datenübertragung benötigt wird, und es werden bei der Übertragung mehr Ressourcen des Übertragungspfades belegt. Dementsprechend gibt es bei der Gestaltung von xDSL-Systemen, die die DMT-Symbole übertragen, ein Problem dergestalt, daß die Übertragungsrate begrenzt ist, und ein Kompromiß zwischen der Übertragungsrate und den Anforderungen an den HP-Filter auf der Empfängerseite und der Länge der Präfixe vor den DMT-Signalen zu finden ist.

Fig. 13 zeigt die Impulsantwort eines VDSL-Signalfades, der HP-Filter umfaßt. In dem Übertragungspfad, der in Fig. 13 gezeigt ist, dauert es nahezu 450 Samples oder Abtastungen, bis die Impulsantwort komplett ausgeklungen ist. Ein Kompromiß wäre in diesem Fall, daß das Präfix eine Länge von 32 bis 128 Samples oder Abtastungen aufweist.

Dementsprechend ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Empfänger gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 anzugeben und ein Verfahren zum Empfangen eines Signals auf einer Empfängerseite eines Übertragungssystems, die eine Reduzierung einer Zwischensymbolstörung von Datensymbolen ermöglichen, die aufeinanderfolgend über einen

Übertragungspfad empfangen werden, ohne daß die Übertragungskapazität des Übertragungspfades verringert wird.

Diese Aufgabe wird durch einen Empfänger mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und einem Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 10 gelöst.

In der vorliegenden Erfindung wird auf der Empfängerseite das erste Präfix, das vor jedem der Datensymbole übertragen wird, durch ein zweites längeres Präfix ersetzt, das lokal auf der Empfängerseite des Übertragungssystems erzeugt wird. Dieses lokal erzeugte zweite Präfix erlaubt es, daß die Transienten, die durch den Filter auf der Empfängerseite bewirkt werden, genügend Zeit haben, abzuklingen, bevor das Datensymbol, das in dem Signal enthalten ist, das über den Übertragungspfad gesendet worden ist, in den Filter eingegeben wird.

Dies ermöglicht, daß eine Impulsantwort eines Filters mit einer hohen Ordnung auf der Empfängerseite des Übertragungssystems lokal kompensiert wird, ohne daß die Übertragungsrate über den Übertragungspfad verringert oder beeinflußt wird.

Die Bedeutung von "ersetzen" im Kontext der vorliegenden Erfindung ist nicht auf eine komplette Ersetzung des ersten Präfixes durch das zweite Präfix beschränkt. Das heißt, der Ausdruck "ersetzen", wie er in der vorliegenden Anmeldung verwendet wird, umfaßt das nur teilweise Ersetzen des ersten Präfixes durch das zweite Präfix, und nicht nur das komplette Ersetzen des ersten Präfixes durch das zweite Präfix. In anderen Worten ist es beispielsweise möglich, nur die ersten oder letzten zehn Samples des ersten Präfixes durch das zweite Präfix zu ersetzen, oder eine geeignete Anzahl von Samples in der Mitte des ersten Präfixes zu ersetzen.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird das zweite lokal erzeugte Präfix aus einem

Teil des Datensymbols, vor dem das zweite Präfix verwendet wird, um das erste Präfix zu ersetzen, gebildet.

Damit wird sichergestellt, daß die Träger von dem Anfang des zweiten Präfixes bis zu dem Ende des entsprechenden Datensymbols kontinuierlich sind.

Weitere Verbesserungen und Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Die vorliegende Erfindung wird nun anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die begleitenden Figuren beschrieben.

Fig. 1 zeigt eine erste Ausführungsform eines Empfängers für ein Hochgeschwindigkeits-Übertragungssystem gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 ist ein Flußdiagramm, das den Betrieb des Empfängers von Fig. 1 zeigt;

Fig. 3 zeigt eine zweite Ausführungsform des Empfängers für ein Hochgeschwindigkeits-Übertragungssystem gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 4 zeigt ein Diagramm zur Erläuterung des Betriebs des Empfängers von Fig. 3;

Fig. 5a zeigt ein Beispiel eines HP-Filters zweiter Ordnung mit einem FIR-Filter und einem IIR-Filter;

Figuren 5b - 5d zeigen die Frequenzantworten des FIR-Filterabschnitts, des IIR-Filterabschnitts und des ganzen Filters, der in Fig. 5a gezeigt ist.

- Fig. 6 zeigt eine dritte Ausführungsform des Empfängers für ein Hochgeschwindigkeits-Übertragungssystem gemäß der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 7 zeigt eine vierte Ausführungsform des Empfängers für ein Hochgeschwindigkeits-Übertragungssystem gemäß der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 8 zeigt eine Ausführungsform eines xDSL-Modems gemäß der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 9 zeigt den Grundaufbau eines xDSL-Systems;
- Fig. 10 zeigt die Frequenzbänder, die von VDSL-Systemen und Telefon- oder ISDN-Services verwendet werden;
- Figuren 11a und 11b zeigen DMT-Symbole mit Präfixen;
- Fig. 12 zeigt zwei Träger eines DMT-Symbols; und
- Fig. 13 zeigt ein Beispiel einer Gesamtimpulsantwort eines VDSL-Signalfads mit scharfen HP-Filtern.

Im folgenden wird eine erste Ausführungsform eines Empfängers für ein Hochgeschwindigkeits-Datenübertragungssystem gemäß der vorliegenden Erfindung mit Verweis auf Fig. 1 beschrieben. In diesem Hochgeschwindigkeits-Übertragungssystem wird ein Signal von einer Senderseite (nicht dargestellt) über einen Übertragungspfad 30 zu dem Empfänger 31 übertragen. Dieses Signal umfaßt eine Vielzahl von Datensymbolen, die eines nach dem anderen über den Übertragungspfad 30 übertragen werden. Vor jedem der Datensymbole ist ein erstes Präfix. Dieses erste Präfix ist zur Vermeidung einer Störung zwischen den aufeinanderfolgend übertragenen Datensymbolen, die aufgrund von Einschwingvorgängen in dem Übertragungspfad 30 oder Transienten, die durch den Übertragungspfad 30 gefiltert

werden, auftreten. Der Übertragungspfad 30 ist auf der Empfängerseite des Übertragungssystems mit einem Empfänger 31 verbunden.

Der Empfänger 31 umfaßt einen Puffer zum Puffern des empfangenen Signals. Eine Einrichtung 33 zur Erzeugung eines zweiten Präfixes ist mit dem Puffer 32 verbunden und mit einer Ersetzungseinrichtung 34 zum Ersetzen des ersten Präfixes, das vor jedem der Datensymbole in dem empfangenen Signal gesendet wird. Es ist ein Filter 35 vorgesehen, der mit dem Puffer 32 verbunden ist und dessen Eingang 36 mit einem Decoder (nicht dargestellt) verbunden ist, zum Dekodieren der Datensymbole. Wenn der Empfänger in einem xDSL-System verwendet wird, ist der Filter 35 ein HP (Hochpaß)-Filter und weist in bevorzugter Art und Weise scharfe Kanten auf.

Der Betrieb des Empfängers gemäß der ersten Ausführungsform, der mit Verweis auf Fig. 1 beschrieben worden ist, wird nun mit Verweis auf Fig. 2 beschrieben.

In Schritt 1 des Flußdiagramms von Fig. 2 wird das Signal, das von einer Senderseite über den Übertragungspfad 30 zu dem Empfänger 31 gesendet worden ist, empfangen. Das empfangene Signal wird dann in Schritt S2 in dem Puffer 32 gepuffert oder gespeichert. Dann erzeugt in Schritt S3 die Einrichtung zur Erzeugung eines zweiten Präfixes ein zweites Präfix für jedes erste Präfix vor jedem der Vielzahl von Datensymbolen, die in dem empfangenen Signal enthalten sind. Dieses zweite Präfix kann für jedes der ersten Präfixe, die zu ersetzen sind, eine individuelle Länge aufweisen, hat jedoch in bevorzugter Art und Weise eine feste Länge für alle ersten Präfixe, die zu ersetzen sind, die auf der Grundlage der Eigenschaften, wie beispielsweise der Impulsantwort des Filters 35, festgelegt wird. Die Erzeugung des zweiten Präfixes wird in bevorzugter Weise ausgeführt, indem ein Teil des Datensymbols, dessen erstes Präfix zu ersetzen ist,

genommen wird, und dieser Teil als das zweite Präfix verwendet wird, um dieses erste Präfix zu ersetzen. Dieser Teil des entsprechenden Datensymbols kann beispielsweise das Ende des entsprechenden Datensymbols sein. Wenn das Datensymbol ein digitales Symbol ist, ist es möglich, eine Anzahl von Samples von dem Ende des digitalen Datensymbols als das zweite Präfix zu verwenden, so daß die Samplewerte des zweiten Präfixes mit einer Länge von n -Samples gleich den Werten von n -Samples an dem Ende des entsprechenden Datensymbols sind.

Die Einrichtung zur Erzeugung eines zweiten Präfixes 33 erzeugt das zweite Präfix mit einer Länge entsprechend einem Parameter, der von einer Impulsantwort des Filters 35 abgeleitet wird. Das zweite Präfix kann beispielsweise mit einer Länge in Übereinstimmung mit einem Parameter erzeugt werden, der die Zeit betrifft, die erforderlich ist, daß die Einschwingvorgänge oder Transienten in dem Filter 35 bis zu einem Pegel abgeklungen sind, der keinen negativen Einfluß auf das folgende Datensymbol hat, so daß eine Beeinflussung von Datensymbolen, die aufeinanderfolgend in dem Signal übertragen werden, die durch Transienten oder Einschwingvorgänge des Filters 35 bewirkt wird, vermieden wird. Diese Einrichtung zur Erzeugung eines zweiten Präfixes 33 kann ebenso die Länge des zweiten Präfixes in Übereinstimmung mit einem Parameter bestimmen, der die Zeit betrifft, die erforderlich ist, daß die Impulsantwort des HP-Filters 35 eine vorbestimmte Dämpfung zeigt, beispielsweise eine Dämpfung von 40dB und in Übereinstimmung mit der Frequenz, mit der die Datensymbole in den Filter 35 eingegeben werden.

Dann wird in Schritt S4 das erste Präfix, das mit dem entsprechenden Datensymbol in dem Signal gesendet worden ist, durch das zweite Präfix, das in dem Schritt S3 erzeugt worden ist, ersetzt. Es ist darauf hinzuweisen, daß es möglich ist, anstatt das erste Präfix durch das zweite Präfix zu ersetzen,

die Ersetzungseinrichtung 34 gemäß einer Variante der ersten Ausführungsform des Empfängers so auszugestalten, daß das zweite Präfix zu dem ersten Präfix hinzufügt oder das zweite Präfix in das erste Präfix eingefügt wird, um somit das erste Präfix zu verlängern. Wenn die Datensymbole und die ersten und zweiten Präfixe digitale Signale sind, können die Samplewerte des zweiten Präfixes verwendet werden, um geeignete Samplewerte des ersten Präfixes zu ersetzen, wie beispielsweise die ersten fünf Samples des ersten Präfixes oder die Samplewerte des zweiten Präfixes können in das erste Präfix an Samplepositionen an dem Anfang, in der Mitte oder an dem Ende des ersten Präfixes eingefügt werden. Somit kann das erste Präfix mittels eines längeren zweiten Präfixes auf der Empfängerseite, d.h. in dem Empfänger des Übertragungssystems, entweder verlängert oder ersetzt werden, ohne daß die Übertragungsrate über den Übertragungspfad verringert wird, obwohl ein Filter 35 auf der Empfängerseite verwendet wird, dessen Impulsantwort nicht mit der Länge des ersten Präfixes kompensiert werden kann.

Dann wird das gesendete Signal, in dem die ersten Präfixe vor den entsprechenden Datensymbolen durch die zweiten Präfixe ersetzt worden sind, mittels des Filters 35 gefiltert. Das gefilterte Signal kann dann mittels eines Dekodierers (nicht dargestellt) dekodiert werden oder in Übereinstimmung mit dem Modulationsschema, das in dem Übertragungssystem verwendet wird, weiterverarbeitet werden.

Wenn der oben beschriebene Empfänger in einem xDSL-System verwendet wird, wie es detailliert in der Einleitung der vorliegenden Anmeldung beschrieben worden ist, wobei diese Beschreibung hiermit in die Beschreibung der vorliegenden Erfindung mit aufgenommen wird, wird das Signal über einen Übertragungspfad, wie beispielsweise eine verdrehte doppelte Teilnehmerleitung, simultan mit anderen Diensten, wie beispielsweise einem Telefonservice oder einem ISDN (Integrated Services Digital Network)-Service, übertragen. In

diesem Fall verwendet das obige Signal, das eine Vielzahl von Datensymbolen umfaßt, ein anderes Frequenzband als das, das von dem Telefon- oder ISD-Service verwendet wird. Der Filter 35, der in solch einem System verwendet wird, hat eine Durchlaßcharakteristik dergestalt, daß ein Frequenzband des Signals, das die Datensymbole enthält, durchgelassen wird, jedoch andere Frequenzbänder, die beispielsweise von dem Telefonservice oder dem ISDN-Service verwendet werden, nicht durchgelassen und unterdrückt werden.

Wenn der oben beschriebene Empfänger in einem ADSL- oder VDSL-System verwendet wird, das das DMT-Modulationsschema verwendet, wie es detailliert in der Einleitung der vorliegenden Erfindung beschrieben worden ist, entsprechen die Datensymbole den DMT-Symbolen, die ein kombiniertes Set von modulierten Trägern umfassen, worin beispielsweise zwei Datensamples, die von der Senderseite zu der Empfängerseite über das Übertragungssystem zu übertragen sind, mittels einer 4 QAM (Quadrature Amplitude Modulation) auf einen ersten Träger moduliert sind, acht Samples, beispielsweise mittels einer 256 QAM auf einen zweiten Träger moduliert sind, usw., wie beispielsweise in der oben angegebenen EP 0 802 649 A1 beschrieben worden ist.

Fig. 3 zeigt eine zweite Ausführungsform des Empfängers für ein Hochgeschwindigkeits-Übertragungssystem gemäß der vorliegenden Erfindung. Der Empfänger gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfaßt eine erste Schalteinrichtung 40 zum Verbinden eines ersten Puffers 41 oder eines zweiten Puffers 42 mit dem Übertragungspfad 30. Der erste Puffer 41 und der zweite Puffer 42 sind jeweils mit einer Einrichtung zur Erzeugung eines zweiten Präfixes 33 und einer Ersetzungseinrichtung 34 zum Ersetzen des ersten Präfixes durch das zweite Präfix verbunden, die wie in der ersten Ausführungsform, die mit Verweis auf Fig. 1 beschrieben worden ist, ausgestaltet sind. Der erste Puffer 41 kann mittels einer zweiten Schalteinrichtung 45 über einen

ersten HP-Filter 43 (HP 0 in Fig. 2) mit einem Decoder (nicht dargestellt) verbunden werden. Der zweite Puffer 42 kann ebenso mittels der zweiten Schalteinrichtung 45 über einen zweiten HP-Filter 44 (HP 1) mit dem Decoder (nicht dargestellt) verbunden werden.

Der Betrieb der zweiten Ausführungsform des Empfängers gemäß der vorliegenden Erfindung wird nun mit Verweis auf Fig. 4 beschrieben.

Die erste Zeile in Fig. 4 zeigt das empfangene Signal, das über den Übertragungspfad 30 gesendet worden ist und in den Empfänger eingegeben wird. Das empfangene Signal, das in der ersten Zeile von Fig. 4 gezeigt ist, umfaßt drei Datensymbole, nämlich Symbol 0, Symbol 1 und Symbol 2, die jeweils mit den Bezugsziffern 50a, 51a und 52a bezeichnet sind. Vor jedem der Datensymbole 50a, 51a und 52a ist jeweils ein entsprechendes erstes Präfix cp gezeigt, das mit den Bezugsziffern 50b, 51b, 52b bezeichnet ist.

Wie schon in der Einleitung der vorliegenden Erfindung beschrieben worden ist, werden Transienten und Einschwingvorgänge an dem Anfang von jedem der ersten Präfixe 50b, 51b und 52b in dem Übertragungspfad verursacht. In Fig. 4 wird angenommen, daß die ersten Präfixe 50b, 51b und 52b ausreichend lang sind, um sicherzustellen, daß die Transienten bzw. Einschwingvorgänge des Übertragungspfads 30 schon abgeklungen sind, bevor die Symbole 50a, 51a und 52a übertragen werden, und daß in dem Übertragungspfad 30 keine Zwischensymbolstörungen auftreten.

Die Bezugsziffer 53 bezeichnet kleine Amplituden-Zeitdiagramme, die die Impulsantwort des ersten und des zweiten HP-Filters 43 und 44 (HP 0 und HP 1) darstellen, um einen Größenvergleich der Länge der ersten Präfixe 50b, 51b und 52b, die in dem Signal, das über den Übertragungspfad 30

übertragen worden ist, enthalten sind, zu der Impulsantwort des ersten und des zweiten HP-Filters 43 und 44 anzugeben.

Das erste Schaltelement 40 schaltet den Übertragungspfad wechselweise zu dem ersten Puffer 41 und zu dem zweiten Puffer 42, so daß aufeinanderfolgend übertragene Datensymbole 50a, 51a und 52a wechselweise in dem ersten Puffer 41 und in dem zweiten Puffer 42 gespeichert werden. Wenn der Schalterzustand, der in Fig. 3 gezeigt ist, angenommen wird, wird das Datensymbol, das mittels der Bezugsziffer 50a in Fig. 4 bezeichnet ist, zusammen mit dem entsprechenden ersten Präfix 50b in dem ersten Puffer 41 gespeichert. Dann wird die Schalteinrichtung 40 zu dem zweiten Puffer 42 geschaltet und das folgende Symbol, nämlich das Symbol, das in Fig. 4 mittels der Bezugsziffer 51a angegeben ist, wird zusammen mit dem entsprechenden Präfix 51b in dem zweiten Puffer 42 gespeichert. Dann wird die erste Schalteinrichtung 40 zurück zu dem ersten Puffer 41 geschaltet und das im folgenden empfangene Datensymbol, nämlich das Datensymbol 52a in Fig. 4 wird zusammen mit dem entsprechenden ersten Präfix 52b in dem ersten Puffer 41 gespeichert.

Dann erzeugt die Einrichtung 33 zum Erzeugen eines zweiten Präfixes ein zweites Präfix 54, 55 in der gleichen Art und Weise, wie mit Verweis auf Fig. 1 beschrieben worden ist, für die ersten Präfixe 50b, 51b und 52b, die in dem ersten und dem zweiten Puffer 41 und 42 gespeichert sind.

Die Ersetzungseinrichtung 34 ersetzt die ersten Präfixe 50b, 51b und 52b in dem ersten und zweiten Puffer 41 und 42 mittels des zweiten Präfixes 54, 55. Es ist darauf hinzuweisen, daß, wie schon mit Verweis auf Fig. 1 beschrieben worden ist, die Ersetzungseinrichtung 34 ebenso ausgestaltet sein kann, die ersten Präfixe 50b, 51b und 52b mittels Einfügen der beiden Präfixe 54 und 55 in die ersten Präfixe 50b, 51b und 52b zu verlängern, oder die zweiten

Präfixe 54, 55 zu dem entsprechenden ersten Präfix 50b, 51b und 52b hinzuzufügen.

Wie in Zeile 2 von Fig. 4 gezeigt, wird das Datensymbol 50a in den ersten HP-Filter 43 mit einem zweiten (oder verlängerten) Präfix 54 (ECP) davor eingegeben. Das erste Präfix 50b ist durch das zweite Präfix 54 ersetzt worden. Es ist nochmals darauf hinzuweisen, daß im Kontext der vorliegenden Erfindung der Ausdruck "ersetzen" breit als eine geeignete Änderung des Präfixes zu verstehen ist. Dieser Ausdruck bedeutet nicht, daß das erste Präfix komplett zu entfernen ist, da die Ersetzung auch einfach in einer Verlängerung des ersten Präfixes bestehen kann, wie obenstehend angedeutet worden ist. Natürlich ist es aber auch möglich, daß das erste Präfix komplett entfernt wird, bevor ein neues Präfix hinzugefügt wird.

Wie mittels des schraffierten Abschnitts in dem Datensymbol 0, das mit der Bezugsziffer 50a bezeichnet ist, und des schraffierten Abschnitts des zweiten Präfixes 54 angedeutet ist, wird ein Teil des Datensymbols 0 als das zweite Präfix 54 verwendet.

Wie mittels der Impulsantwort der HP-Filter HP 0 und HP 1 (Bezugsziffern 43 und 44 in Fig. 3) gezeigt wird, die durch die Amplituden-Zeitdiagramme 53 dargestellt wird, ist das zweite Präfix lang genug, um sicherzustellen, daß die Transienten oder Einschwingvorgänge des HP-Filters HP 0 ausgeklungen sind, bevor das Datensymbol 50a in den HP-Filter HP 0 eingegeben wird.

Wie in Zeile 3 von Fig. 4 gezeigt ist, wird das zweite Symbol 1, das die Bezugsziffer 51a trägt, in den zweiten HP-Filter HP 1 eingegeben, der die Bezugsziffer 44 trägt.

Wie mittels der schraffierten Abschnitte in dem Datensymbol 51a und dem zweiten Präfix 55 vor dem Datensymbol 51a gezeigt

ist, werden Abschnitte des Datensymbols 51a als das zweite Präfix 55 verwendet.

Indem die HP-Filter HP 0 und HP 1 wechselweise mittels der zweiten Schalteinrichtung 45 mit einem Decoder (nicht dargestellt) verbunden werden, werden die Datensymbole 50a und 51a aufeinanderfolgend in den Decoder (nicht dargestellt) eingegeben und können in Übereinstimmung mit dem entsprechenden Modulationsschema weiterverarbeitet werden.

Fig. 5a zeigt ein Beispiel eines HP-Filters, der als HP-Filter HP 0 und HP 1 in Fig. 3 (Bezugsziffern 43 und 44) oder als Filter 35 in Fig. 1 verwendet werden kann. Um die Darstellung und Erläuterung nicht unnötigerweise zu komplizieren, weist dieser HP-Filter eine niedrige Ordnung auf. Jedoch ist es für den Fachmann offensichtlich, daß HP-Filter mit einer höheren Ordnung verwendet werden können, um die Filtereigenschaften besser an den Übertragungspfad anzupassen.

Der Hochpaßfilter, der in Fig. 5a gezeigt ist, umfaßt einen ersten Filterabschnitt, der mittels eines FIR-Filters 60 gebildet wird, und einen zweiten Filterabschnitt, der mittels eines IIR-Filters 61 gebildet wird. Der FIR-Filter 60 und der IIR-Filter 61 sind in Serie miteinander verbunden.

Der Eingang des FIR-Filters 60 ist mit einem ersten Ein-Sample-Verzögerungselement 62, das um einen Sample (oder um eine Abtastung) verzögert, verbunden. Der Ausgang des ersten Ein-Sample-Verzögerungselements 62 ist mit dem Eingang eines zweiten Ein-Sample-Verzögerungselements 63 verbunden. Der Eingang des FIR-Filters 60 wird des weiteren mittels eines ersten Multiplizierers 64 mit einem Koeffizienten a_0 multipliziert und mittels eines ersten Addierers 66 zu dem Ausgang des ersten Ein-Sample-Verzögerungselements 62 hinzuaddiert, der mittels eines zweiten Multiplizierers 65 mit einem Koeffizienten a_1 multipliziert worden ist. Der

Ausgang des ersten Addierers 66 wird mittels eines zweiten Addierers 68 zu dem Ausgang des zweiten Ein-Sample-Verzögerungselements 63 hinzuaddiert, der mittels eines dritten Multiplizierers 67 mit einem Koeffizienten a_2 multipliziert worden ist. Das erste und das zweite Ein-Sample-Verzögerungselement 62 und 63, der erste, der zweite und der dritte Multiplizierer 64, 65 und 67 und der erste und der zweite Addierer 66 und 68 bilden den FIR-Filter 60.

Der Ausgang des FIR-Filters 60, nämlich der Ausgang des Addierers 68, wird in einen dritten Addierer 69 eingegeben, dessen Ausgang der Ausgang des IIR-Filters 6 ist und dessen Ausgang ferner in ein drittes Ein-Sample-Verzögerungselement 70 eingegeben wird. Der Ausgang des dritten Ein-Sample-Verzögerungselements wird in ein viertes Ein-Sample-Verzögerungselement 71 eingegeben. Die Ausgänge des dritten Ein-Sample-Verzögerungselements 70 und des vierten Ein-Sample-Verzögerungselements 71 werden ferner jeweils mittels eines vierten Multiplizierers 72 und eines fünften Multiplizierers 73 mit Koeffizienten a_3 und a_4 multipliziert und dann mittels eines vierten Addierers 74 addiert. Der Ausgang des vierten Addierers 74 wird dann zu dem Ausgang des FIR-Filters 60 mittels des dritten Addierers 69 hinzugefügt.

Das dritte und das vierte Ein-Sample-Verzögerungselement 70 und 71, der vierte und der fünfte Multiplizierer 72 und 73 und der dritte und der vierte Addierer 69 und 74 bilden den IIR-Filter 61.

Der FIR-Filter 60 kann mittels der folgenden Gleichung beschrieben werden, wobei n der Zeitindex ist, $x(n)$ der Eingang des Filters und $y(n)$ der Ausgang.

$$y(n) = a_0x(n) + a_1x(n-1) + a_2x(n-2);$$

Der IIR-Filter 61 kann mittels der folgenden Gleichung beschrieben werden, wobei n der Zeitindex ist, $y(n)$ der Eingang des Filters und $v(n)$ der Ausgang.

$$v(n) = y(n) + a_3v(n-1) + a_4v(n-2);$$

Die Gesamtimpulsantwort des in Fig. 5 gezeigten Hochpaßfilters wird mittels Faltung der obigen beiden Gleichungen erhalten. Dementsprechend ist die Gesamtimpulsantwort länger als jede der einzelnen Impulsantworten des FIR- und des IIR-Filters, die mittels der obigen Gleichungen angegeben sind.

Fig. 5b zeigt die Frequenzantwort des FIR-Filters 60 und Fig. 5c zeigt die Frequenzantwort des IIR-Filters 61. Die Gesamtfrequenzantwort des HP-Filters, der in Fig. 5a gezeigt ist, ist in Fig. 5d gezeigt.

Wie aus den Figuren 5a bis 5d ersichtlich ist, ist der FIR-Filter 60 ein nicht-rekursiver Filter, der Nullstellen in die Übertragungsfunktion des HP-Filters, der in Fig. 5a gezeigt ist, einfügt und die niedrigen Frequenzen dämpft. Die Impulsantwort davon ist endlich oder finit.

Der IIR-Filter 61 ist rekursiv und fügt Pole in die Übertragungsfunktion des HP-Filters, der in Fig. 5a gezeigt ist, ein und kompensiert in dieser Anordnung die Frequenzantwort des FIR-Filters 60 und glättet die Frequenzantwort in dem Durchlaßband. Die Impulsantwort des IIR-Filters ist nicht-endlich oder infinit.

Wenn der in Fig. 5a gezeigte HP-Filter als ein digitaler Filter realisiert wird, können der FIR-Filter 60 und der IIR-Filter 61 getrennt werden.

Fig. 6 zeigt eine dritte Ausführungsform des Empfängers gemäß der vorliegenden Erfindung, der einen HP-Filter mit einem

rekursiven und einem nicht-rekursiven Filterabschnitt verwendet, beispielsweise den mit Verweis auf die Figuren 5a bis 5d beschriebenen Filter.

Fig. 6 zeigt eine dritte Ausführungsform des Empfängers gemäß der vorliegenden Erfindung, der den gleichen Aufbau wie der Empfänger gemäß der zweiten Ausführungsform, der mit Verweis auf Fig. 3 beschrieben worden ist, aufweist, außer daß die HP-Filter HP 0 und HP 1, die in Fig. 3 mit den Bezugsziffern 43 und 44 bezeichnet worden sind, durch einen HP-Filter mit zwei Filterabschnitten ersetzt worden sind, nämlich einem rekursiven Filterabschnitt und einem nicht-rekursiven Filterabschnitt. Dieser HP-Filter wird abhängig von dem Schaltzustand des ersten Schaltelements 40 von einem ersten Filterabschnitt HP FIR, der mit der Bezugsziffer 80 bezeichnet ist, der bezüglich des Übertragungspfads vor der Einsetzungseinrichtung 34 angeordnet ist, und einem der zweiten Filterabschnitte HP IIR 0 und HP IIR 1 gebildet, die mit den Bezugsziffern 81 und 82 bezeichnet sind, die hinter der Ersetzungseinrichtung 34 angeordnet sind.

In Fig. 6 ist der erste Filterabschnitt 80 (HP FIR) vor dem ersten Schaltelement 40 angeordnet und mit dem Übertragungspfad 30 verbunden. Dadurch wird dieser erste Filterabschnitt 80 (HP FIR) für beide zweite Filterabschnitte 81 und 82 (HP IIR 0, HP IIR 1) verwendet, um jeweils einen HP-Filter mit einer Durchlaßcharakteristik dergestalt zu bilden; daß das Signal, das die Vielzahl von Datensymbolen mit jeweils einem Präfix vor jedem Datensymbol umfaßt, durchgelassen wird.

Der erste Filterabschnitt 80 (HP FIR) ist ein nicht-rekursiver Filter, wie beispielsweise der Filter, der mit Bezugsziffer 60 in Fig. 5a bezeichnet ist, und weist eine endliche Impulsantwort auf. Die zweiten Filterabschnitte 81 und 82 (HP IIR 0 und HP IIR 1) sind rekursive Filter, wie beispielsweise der Filter, der mit Bezugsziffer 61 in der

Fig. 5a bezeichnet worden ist, und weisen jeweils eine nicht-endliche Impulsantwort auf.

Der erste Filterabschnitt 80 (HP FIR) filtert nicht-periodische, niederfrequente Störungen aus dem Signal, das über den Übertragungspfad 30 empfangen wird. Die zweiten Filterabschnitte 81 und 82 (HP IIR 0 und HP IIR 1) kompensieren jeweils die Frequenzantwort des ersten Filterabschnitts 80 (HP FIR) und glätten jeweils die Frequenzantwort des gesamten HP-Filters (der jeweils mittels HP FIR und HP IIR 0 oder HP FIR und HP IIR 1 gebildet wird) in dem Durchlaßband.

Durch diese Anordnung kann eine ungewünschte niederfrequente Störung des Telefon- oder ISDN-Services von dem Signal getrennt werden, das die Datensymbole enthält.

Fig. 7 zeigt eine vierte Ausführungsform des Empfängers gemäß der vorliegenden Erfindung. Der Empfänger gemäß der vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist einen Aufbau gleich dem Empfänger der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung auf, der mit Verweis auf Fig. 6 beschrieben worden ist, außer daß das zweite Schaltelement 45 zwischen den Ausgängen des ersten Puffers 41 und des zweiten Puffers 42 angeordnet ist, um die Ausgänge wechselweise zu einem zweiten Filterabschnitt 83 (HP IIR) zu schalten. Der Ausgang des zweiten Filterabschnitts 83 ist mit einem Decoder (nicht dargestellt) verbunden, der in Übereinstimmung mit dem entsprechenden Modulationsschema ausgebildet ist.

Die zweite Schalteinrichtung 45 ist ausgestaltet, um den ersten und den zweiten Puffer 41 und 42 wechselweise mit dem zweiten Filterabschnitt 83 (HP IIR) zu verbinden. Durch diese Anordnung ist nur ein zweiter Filterabschnitt 83 (HP IIR) erforderlich, wodurch die Komplexität des Empfängers und dessen Herstellungskosten verringert werden.

Es ist darauf hinzuweisen, daß die erste Schalteinrichtung 40 und die zweite Schalteinrichtung 45 ein Schalten mit einer gewissen Frequenz ausführen, die mit der Frequenz der Datensymbole in dem empfangenen Signal übereinstimmt, wenn die Datensignale, die in dem empfangenen Signal enthalten sind, periodisch sind. Wenn die Datensymbole nicht periodisch sind, wird die Schalteinrichtung mittels einer Datensymbol-Erfassungseinrichtung (nicht dargestellt) gesteuert. Diese Datensymbol-Erfassungseinrichtung erfaßt die Datensymbole oder die ersten Präfixe vor den Datensymbolen in dem empfangenen Signal und steuert das Schalten der ersten und zweiten Schalteinrichtungen 40 und 35 dergestalt, daß das Schalten wechselweise nach jedem Datensymbol ausgeführt wird.

Fig. 8 zeigt eine Ausführungsform eines Modems gemäß der vorliegenden Erfindung. Dieses Modem ist ausgestaltet, um ein Signal über einen Übertragungspfad 30 zu senden und zu empfangen. Das gesendete oder empfangene Signal umfaßt eine Vielzahl von Datensymbolen, die aufeinanderfolgend übertragen werden. Vor jedem der Datensymbole ist ein erstes Präfix, um eine Störung zwischen aufeinanderfolgend übertragenen Datensymbolen zu verhindern, die durch Transienten oder Einschwingvorgänge des Übertragungspfads 30 verursacht werden. Dieses Signal verwendet in bevorzugter Art und Weise ein erstes Frequenzband, das sich von einem zweiten Frequenzband unterscheidet, das von anderen Signalen verwendet wird, die gleichzeitig über den Übertragungspfad 30 übertragen werden. Bei einem Hochgeschwindigkeits-xDSL-System, wie es in der Einleitung der vorliegenden Anmeldung beschrieben worden ist, wird dieses Signal in einem Frequenzband übertragen, das von 300 kHz bis zu 10 MHz reicht, und die anderen Signale, wie beispielsweise ein Telefon- oder ISDN-Service werden in einem Frequenzband übertragen, das sich von 0 bis 3 kHz (POTS) oder 0 bis 160 kHz (ISDN) erstreckt.

In der folgenden Beschreibung wird angenommen, daß das in Fig. 8 gezeigte Modem ein DMT xDSL-Modem ist. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, daß - wie für den Fachmann offensichtlich - die vorliegende Erfindung ebenso auf andere Übertragungssysteme angewendet werden kann, worin ein Signal über einen Übertragungspfad gesendet wird, das aufeinanderfolgend übertragene Datensignale umfaßt.

Die Bezugsziffer 90 in Fig. 8 bezeichnet eine IFFT (Inverse Fast Fourier Transformation)-Transformationseinrichtung, die ein Set oder einen Satz von modulierten Trägern von einem Encoder vom Frequenzbereich in den Zeitbereich transformiert. Dieses kombinierte bzw. zusammengefügte Set aus modulierten Trägern ist ein Datensymbol und wird im Fall eines DMT xDSL-Modems als DMT-Symbol bezeichnet. Eine erste Präfix-Hinzufügungseinrichtung 91 ist vorgesehen, um ein erstes Präfix mit einer Länge entsprechend der Impulsantwort des Übertragungspfads 30 zu jedem der Datensymbole hinzuzufügen, um zu verhindern, daß sich aufeinanderfolgend übertragene Datensymbole beeinflussen, und um zu verhindern, daß sich aufeinanderfolgend übertragene Datensymbole aufgrund von Einschwingvorgängen oder Transienten des Übertragungspfads 30 stören.

Ein Parallel-zu-Seriell-Wandler 92 ist mit dem Ausgang der Präfix-Hinzufügungseinrichtung 90 verbunden und erzeugt einen seriellen Datenstrom, in dem er aufeinanderfolgende Datensymbole hintereinander anordnet. Die hintereinander angeordneten Datensymbole werden dann mittels eines Digital-zu-Analog-Wandlers 93, der mit einem Ausgang des Parallel-zu-Seriell-Wandlers 92 verbunden ist, in ein analoges Signal umgewandelt. Das somit erzeugte Signal wird dann über die Schalteinrichtung 94 an den Übertragungspfad 30 ausgegeben.

Optional kann ein digitaler HP-Filter (nicht dargestellt) zwischen dem Parallel-zu-Seriell-Wandler 92 und dem Digital-zu-Analog-Wandler 93 vorgesehen werden, und ein analoger HP-

Filter kann optional zwischen dem Digital-zu-Analog-Wandler 93 und der Schalteinrichtung 94 vorgesehen werden, um Störungen aus dem Signal zu filtern, das an den Übertragungspfad 30 ausgegeben wird.

Die Schalteinrichtung 94 verbindet den Sendezweig des Modems, der die IFFT-Transformationseinrichtung 90 umfaßt, die Präfix-Hinzufügungseinrichtung 91, den Parallel-zu-Seriell-Wandler 92 und den Digital-zu-Analog-Wandler 93 zu dem Übertragungspfad 30, wenn ein Signal von dem Encoder zu dem Übertragungspfad 30 zu senden ist, und verbindet den Übertragungspfad 30 mit einem Empfangszweig des Modems, der im folgenden unter der Annahme beschrieben wird, daß ein Signal von einer Senderseite (nicht dargestellt) zu dem Modem gesendet wird.

Wenn ein Signal, das eine Vielzahl von Datensymbolen enthält, über den Übertragungspfad empfangen wird, verbindet die Schalteinrichtung 94 den Übertragungspfad 30 mit dem Empfangszweig des Modems. Das empfangene Analogsignal wird zuerst mittels eines Analog-zu-Digital-Wandlers 95 digitalisiert und dann in einen Zeitbereichsentzerrer 96 eingegeben, der die empfangenen Datensymbole digital filtert, um eine Zwischensymbolstörung oder Zwischensymbolinterferenz des Übertragungspfads 30 zu kompensieren.

Ein erster HP-Filter 97 ist mit dem Ausgang des Zeitbereichsentzerrers 96 verbunden, um niederfrequente Störungen von dem empfangenen Signal zu entfernen, die, verglichen mit der Datensymbollänge, nicht-periodisch sind. Dieser erste HP-Filter 97 ist in bevorzugter Weise ein nicht-rekursiver HP-Filter mit einer endlichen Impulsantwort. Dieser erste HP-Filter 97 bildet zusammen mit einem zweiten HP-Filter 101, der ein rekursiver Filter mit einer nicht-endlichen Impulsantwort ist, ein HP-Filtersystem. Der nicht-rekursive HP-Filter 97 fügt Nullstellen in die Übertragungsfunktion des HP-Filtersystems ein und dämpft die

niedrigen Frequenzen. Der rekursive HP-Filter 101 fügt Polstellen in die Übertragungsfunktion des HP-Filtersystems ein und kompensiert die Frequenzantwort des ersten HP-Filters 97.

In bevorzugter Art und Weise wird der FIR-Filter 60, der mit Verweis auf Fig. 5a beschrieben worden ist, als erster HP-Filter 97 verwendet und der IIR-Filter 61, der mit Verweis auf Fig. 5a beschrieben worden ist, als der zweite HP-Filter 101.

Der Ausgang des ersten HP-Filters 97 wird in eine Puffereinrichtung 98 eingegeben, um das empfangene Signal zu puffern. Dann erzeugt eine Einrichtung zum Erzeugen eines zweiten Präfixes 99 ein zweites Präfix, das eine Länge aufweist, die länger als die des entsprechenden ersten Präfixes vor jedem der Datensymbole ist.

Das zweite Präfix wird in bevorzugter Art und Weise mit einer Länge dergestalt in Übereinstimmung mit einem Parameter erzeugt, der von der Impulsantwort des Filtersystems abgeleitet wird, das mittels des ersten HP-Filters 97 und des zweiten HP-Filters 101 gebildet wird, daß eine Störung oder Beeinflussung von aufeinanderfolgend übertragenen Datensymbolen des empfangenen Signals verhindert wird, die durch Einschwingvorgänge oder Transienten des Filtersystems bewirkt wird. Dieser Parameter kann - wie schon mit Verweis auf die erste Ausführungsform beschrieben worden ist - die Zeit betreffen, bis sich die Amplitude der Impulsantwort des Filtersystems bis zu einem gewissen Schwellwert verringert hat, nachdem ein Dirac-Impuls in das Filtersystem eingegeben worden ist, oder eine Dämpfung von beispielsweise 40 dB aufweist. Dieser Parameter kann ebenso einen Zeitpunkt (oder Zeitperiode) nach der Eingabe des Datensymbols betreffen, nachdem die Transienten oder Einschwingvorgänge, die durch das Datensymbol verursacht werden, keinen negativen Effekt mehr auf das im folgenden eingegebene Datensymbol haben.

Die Impulsantwort ist die Ausgang-Zeitfunktion des entsprechenden Systems (in diesem Fall des Filtersystems), in das ein Dirac-Impuls (oder Einheitsimpuls) zu dem Zeitpunkt $t = 0$ eingegeben wird, wobei der Dirac-Impuls ein Impulsintegral von 1 aufweist.

Eine Ersetzungseinrichtung 100 zum Ersetzen des ersten Präfixes durch das zweite Präfix, das in der Einrichtung 99 zum Erzeugen eines zweiten Präfixes erzeugt worden ist, ersetzt jeweils das erste Präfix vor dem Datensymbol durch ein zweites Präfix.

Der Ausgang der Ersetzungseinrichtung 100 wird in den zweiten HP-Filter 101 eingegeben. Der Ausgang des zweiten HP-Filters 101 wird in einen Seriell-zu-Parallel-Wandler 102 eingegeben, der weiter ausgestaltet sein kann, das entsprechende zweite Präfix von den Datensymbolen zu entfernen. Die Ausgabe des Seriell-zu-Parallel-Wandlers 102 wird dann in eine FFT (Fast Fourier Transformation)-Transformationseinrichtung 103 eingegeben, die die Datensymbole, die dann zu einem geeigneten Decoder ausgegeben werden, von dem Zeitbereich in den Frequenzbereich transformiert.

Optional kann der Empfangszweig des Modems ferner einen analogen Hochpaßfilter (nicht dargestellt) umfassen, der zwischen der Schalteinrichtung 94 und dem Digital-zu-Analog-Wandler 95 angeordnet ist, um Störungen aus dem empfangenen Signal zu entfernen.

In einer Variante des Modems ist das Filtersystem, das durch den ersten HP-Filter 97 und dem zweiten HP-Filter 101 gebildet wird, durch einen einzelnen Filter ersetzt, wie beispielsweise durch einen Filter der Art des Filters 35, der mit Verweis auf die Figuren 1 und 2 beschrieben worden ist, der hinter der Ersetzungseinrichtung 100 angeordnet ist.

In einer weiteren Variante umfaßt die Puffereinrichtung 98 einen ersten Pufferabschnitt und einen zweiten Pufferabschnitt gleich dem ersten Puffer 41 und dem zweiten Puffer 42, die mit Verweis auf die Figuren 3, 4, 6 und 7 beschrieben worden sind, und das Modem umfaßt ferner eine erste Pufferschalteneinrichtung gleich der ersten Schalteneinrichtung 40, die mit Verweis auf die Figuren 3, 4, 6 und 7 beschreiben worden ist. Dann umfaßt das Modem ferner eine zweite Pufferschalteneinrichtung gleich der zweiten Schalteneinrichtung 45, die mit Verweis auf die Figuren 3, 4, 6 und 7 beschreiben worden ist, die entweder vor dem zweiten HP-Filter 101 gleich der Anordnung, die in Fig. 7 gezeigt, angeordnet ist, oder hinter zwei HP-Filtern 101, ähnlich der Anordnung, die in Fig. 6 gezeigt ist, oder hinter zwei Hochpaßfiltern, wie beispielsweise den Hochpaßfiltern HP 0 und HP 1, die mit Verweis auf Fig. 3 beschreiben worden sind, wenn anstatt des ersten HP Filters 97 und des zweiten HP-Filters 101 einteilige Filter, wie die HP-Filter HP 0 und HP 1, verwendet werden, ähnlich wie in der Anordnung, die in Fig. 3 gezeigt ist.

Es ist darauf hinzuweisen, daß in anderen Ausführungsformen die obigen Merkmale in Kombination miteinander verwendet werden können.

Obwohl die vorliegende Erfindung mit Verweis auf spezifische Ausführungsformen beschrieben worden ist, ist darauf hinzuweisen, daß die oben angeführten Ausführungsformen und Beispiele lediglich zur Illustration und für ein besseres Verständnis der vorliegenden Erfindung angegeben worden sind, und keinesfalls mit der Intention, den Umfang der vorliegenden Erfindung einzuschränken. Andere bzw. weitere Modifikationen sind für den Fachmann, ohne vom Umfang der vorliegenden Erfindung, der in den angefügten Ansprüchen definiert wird, abzuweichen, selbstverständlich möglich.

Bezugszeichen sind für ein besseres Verständnis gedacht und nicht zur Einschränkung des Umfangs.

PATENTANSPRÜCHE

1. Empfänger für ein Hochgeschwindigkeits-Übertragungssystem, worin ein erstes Signal (B) über einen Übertragungspfad (30) übertragen wird, wobei das erste Signal (B) eine Vielzahl von Datensymbolen (50a, 51a, 52a) umfaßt, die aufeinanderfolgend übertragen werden, und vor jedem Datensymbol ein erstes Präfix (50, 51b, 52b) angeordnet ist, um eine Störung zwischen aufeinanderfolgend übertragenen Datensymbolen (50a, 51a, 52a) zu vermeiden, wobei der Empfänger umfaßt:
 - einen Filter (35) mit einer Durchlaßcharakteristik dergestalt, daß das erste Signal durchgelassen wird;gekennzeichnet durch
 - einen Puffer (32) zum Puffern des ersten Signals;
 - eine Einrichtung (33) zum Erzeugen eines zweiten Präfixes (53, 55) für jedes erste Präfix (50b, 51b, 52b) vor jedem der Vielzahl von Datensymbolen (50a, 51a, 52a); und
 - eine Ersetzungseinrichtung (34) zum Ersetzen des ersten Präfixes (50b, 51b, 52b) durch das zweite Präfix (53, 55), wobei das zweite Präfix (53, 55) jeweils eine Länge aufweist, die länger ist als die des zweiten Präfixes (50b, 51, 52b), das zu ersetzen ist.
2. Empfänger nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein zweites Signal (A) gleichzeitig mit dem ersten Signal (B) über den Übertragungspfad (30) übertragen wird, wobei das erste und das zweite Signal unterschiedliche Frequenzbänder aufweisen und die

Durchlaßcharakteristik des Filters (35) dergestalt ist, daß das zweite Signal (A) nicht durch den Filter (35) durchgelassen wird.

3. Empfänger nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem bestimmten Datensymbol (50a, 51a, 52a) das zweite Präfix (53, 55) ein Teil dieses bestimmten Datensymbols ist.
4. Empfänger nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß
 - der Puffer (32) einen ersten Pufferabschnitt (41) und einen zweiten Pufferabschnitt (42) umfaßt;
 - eine Schalteinrichtung (40) vorgesehen ist, zum Schalten des Übertragungspfads (30) zu dem ersten und dem zweiten Pufferabschnitt (41, 42) dergestalt, daß aufeinanderfolgend übertragene Datensymbole der Vielzahl von Datensymbolen (50a, 51a, 52a) wechselweise in dem ersten und dem zweiten Pufferabschnitt (41, 42) gepuffert werden.
5. Empfänger nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung (33) zum Erzeugen eines zweiten Präfixes das zweite Präfix (53, 55) mit einer Länge dergestalt erzeugt, die einem Parameter entspricht, der von einer Impulsantwort des Filters (35) abgeleitet wird, daß eine Beeinflussung von aufeinanderfolgenden Datensymbolen von der Vielzahl von Datensymbolen (50a, 51a, 52a) des ersten Signals (B), die durch Transienten des Filters (35) bewirkt wird, verhindert wird.
6. Empfänger nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Filter (35) einen ersten Filterabschnitt (60) mit einer endlichen Impulsantwort

umfaßt, der Nullstellen in die Übertragungsfunktion des Filters (35) einfügt, und einen zweiten Filterabschnitt (61) mit einer nicht-endlichen Impulsantwort, der Polstellen in die Übertragungsfunktion des Filters (35) einfügt.

7. Empfänger nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Filterabschnitt (60) bezüglich des Übertragungspfad (30) vor der Ersetzungseinrichtung (34) zum Ersetzen des ersten Präfixes durch das zweite Präfix angeordnet ist, und der zweite Filterabschnitt (61) dahinter.
8. Empfänger nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Übertragungspfad (30) eine Telefonleitung ist und das zweite Signal ein Telefon- oder ein ISDN-Service ist.
9. Empfänger nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß er ein Teil eines Modems ist.
10. Verfahren zum Empfangen eines Signals (B) auf einer Empfängerseite eines Übertragungssystems, wobei das Signal Datensymbole (50a, 51a, 52a) umfaßt, und ein erstes Präfix (50b, 51b, 52b), das vor jedem Datensymbol (50a, 51a, 52a) angeordnet ist, um eine Beeinflussung von aufeinanderfolgend übertragenen Datensymbolen (50a, 51a, 52a) zu verhindern, umfassend die folgenden Schritte:
 - Empfangen des Signals auf der Empfängerseite (S1);
 - Puffern des empfangenen Signals (S2);
 - Erzeugen eines zweiten Präfixes für jedes erste Präfix vor jedem der Datensymbole (S3);
 - Ersetzen des ersten Präfixes durch das zweite Präfix, wobei das zweite Präfix eine Länge

aufweist, die größer ist als die des zu ersetzenden ersten Präfixes (S4);

- Filtern des Signals, worin das erste Präfix durch das zweite Präfix mittels eines Filters ersetzt worden ist, der eine Durchlaßcharakteristik dergestalt aufweist, daß das Signal durchgelassen wird (S5).

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß für ein bestimmtes Datensymbol (50a, 51a, 52a) das zweite Präfix (53, 55) unter Verwendung eines Teils dieses bestimmten Datensymbols erzeugt wird.
12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Puffern des empfangenen Signals (B) mittels Schaltens des Übertragungspfad (30) zu einem ersten und einem zweiten Pufferabschnitt (40, 41) dergestalt ausgeführt wird, daß aufeinanderfolgend empfangene Datensymbole (50a, 51a, 52a) wechselweise in dem ersten und dem zweiten Pufferabschnitt (40, 41) gespeichert werden.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Präfix (53, 55) mit einer Länge entsprechend einem Parameter, der von einer Impulsantwort des Filters (35) abgeleitet wird, dergestalt erzeugt wird, daß eine Störung von aufeinanderfolgenden Datensymbolen (50a, 51a, 52a) des Signals (B) vermieden wird, die durch Transienten des Filters (35) bewirkt wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß zuerst das Signal mit einem ersten Filterabschnitt (60) gefiltert wird, der eine endliche Impulsantwort (FIR) aufweist, der Nullstellen in die Übertragungsfunktion des Filters (35) einfügt, bevor das erste Präfix (50, 51b, 52b) ersetzt wird, und danach das

Signal (B), worin die erste Präfixe (50b, 51b, 52b) durch die zweiten Präfixe (50a, 51a, 52a) ersetzt worden sind, mittels eines zweiten Filterabschnitts (61) gefiltert wird, mit einer nicht-endlichen Impulsantwort (IIR), der Polstellen in die Übertragungsfunktion des Filters (35) einfügt.

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Empfänger für ein Hochgeschwindigkeits-Übertragungssystem und ein Verfahren zum Empfangen eines Signals auf einer Empfängerseite eines Übertragungssystems, worin ein Signal über einen Übertragungspfad übertragen wird. Das Signal umfaßt eine Vielzahl von Datensymbolen, die aufeinanderfolgend übertragen werden, wobei vor jedem Datensymbol ein erstes Präfix ist, um eine Störung zwischen aufeinanderfolgend übertragenen Datensymbolen zu verhindern. Der Empfänger gemäß der vorliegenden Erfindung umfaßt einen Filter mit einer Durchlaßcharakteristik dergestalt, daß das Signal durchgelassen wird, einen Puffer zum Zwischenspeichern des ersten Signals, eine Einrichtung zum Erzeugen eines zweiten Präfixes für jedes Präfix vor jedem der Vielzahl von Datensymbolen, und eine Ersetzungseinrichtung zum Ersetzen des ersten Präfixes durch das zweite Präfix, wobei das zweite Präfix jeweils eine Länge aufweist, die größer ist als die des zu ersetzenden zweiten Präfixes.

(Fig. 1)

HOFFMANN · EITLE
PATENT- UND RECHTSANWÄLTE

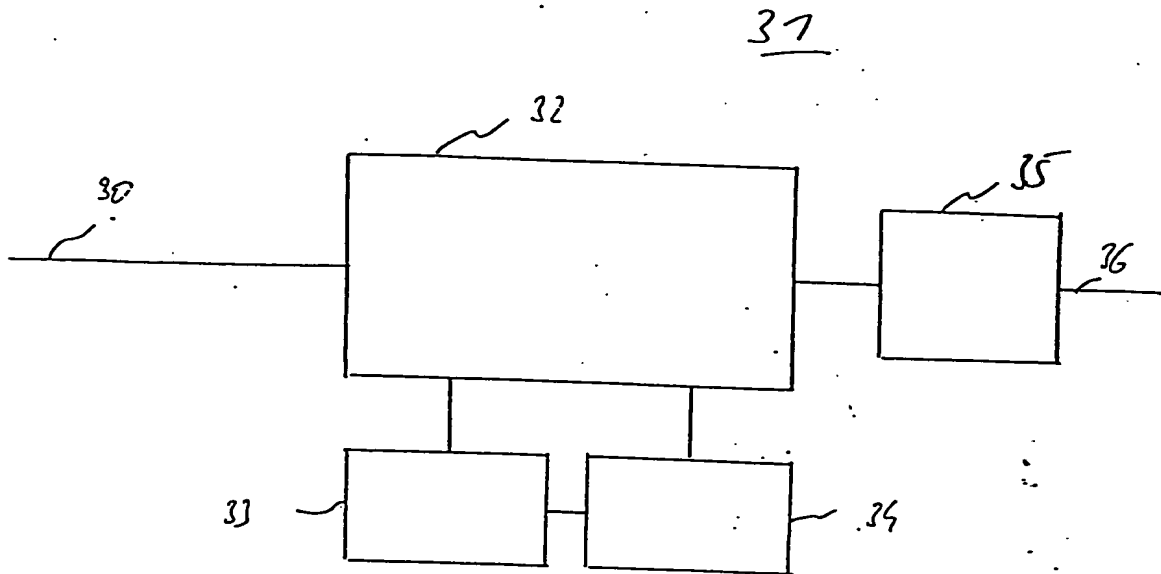


Fig. 1

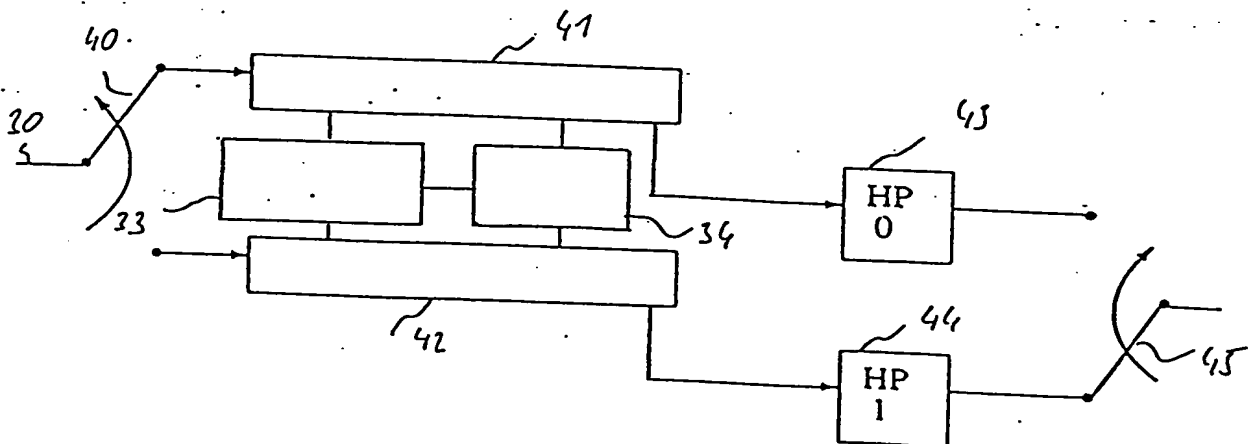


Fig. 3

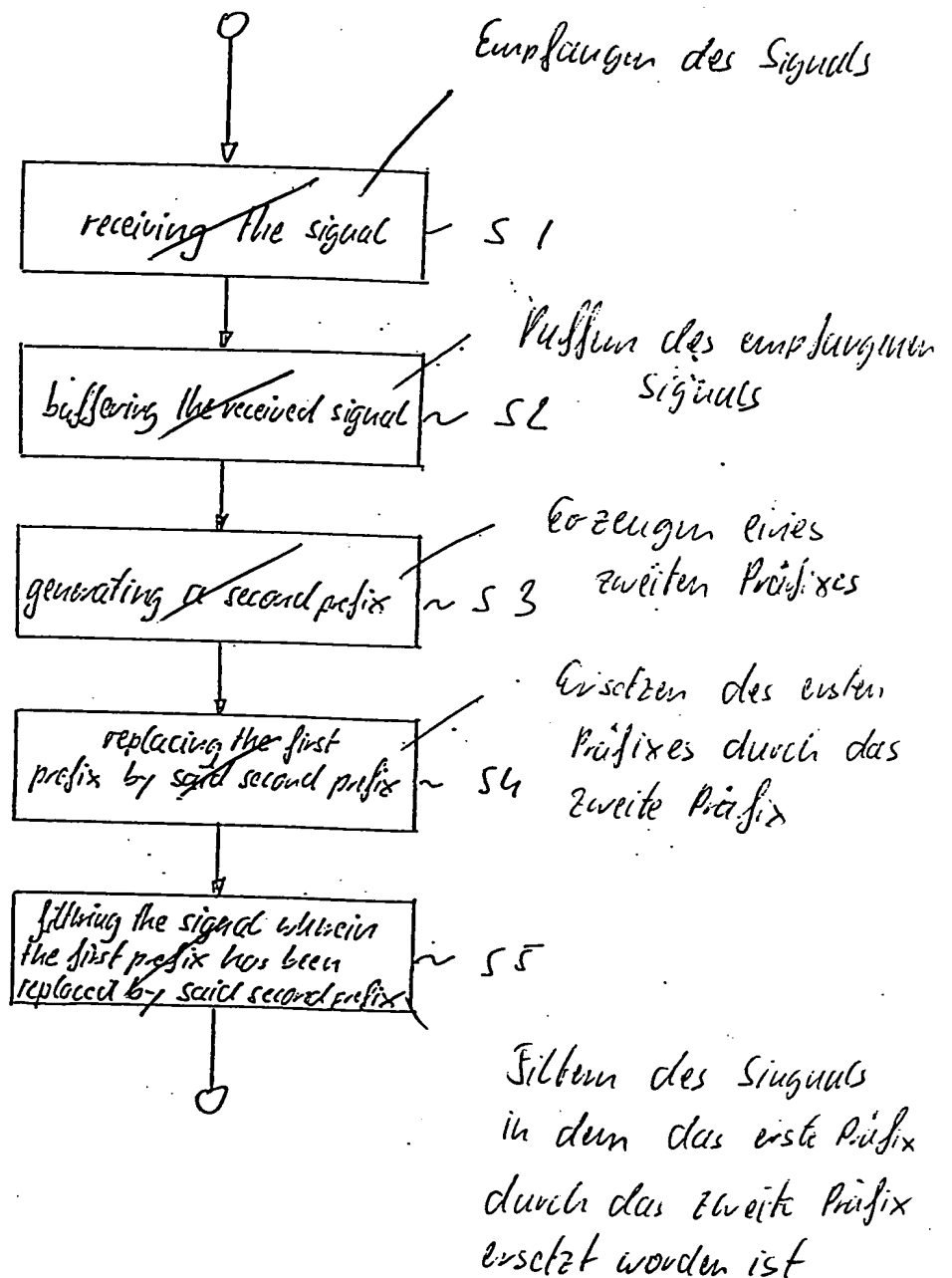


Fig. 2

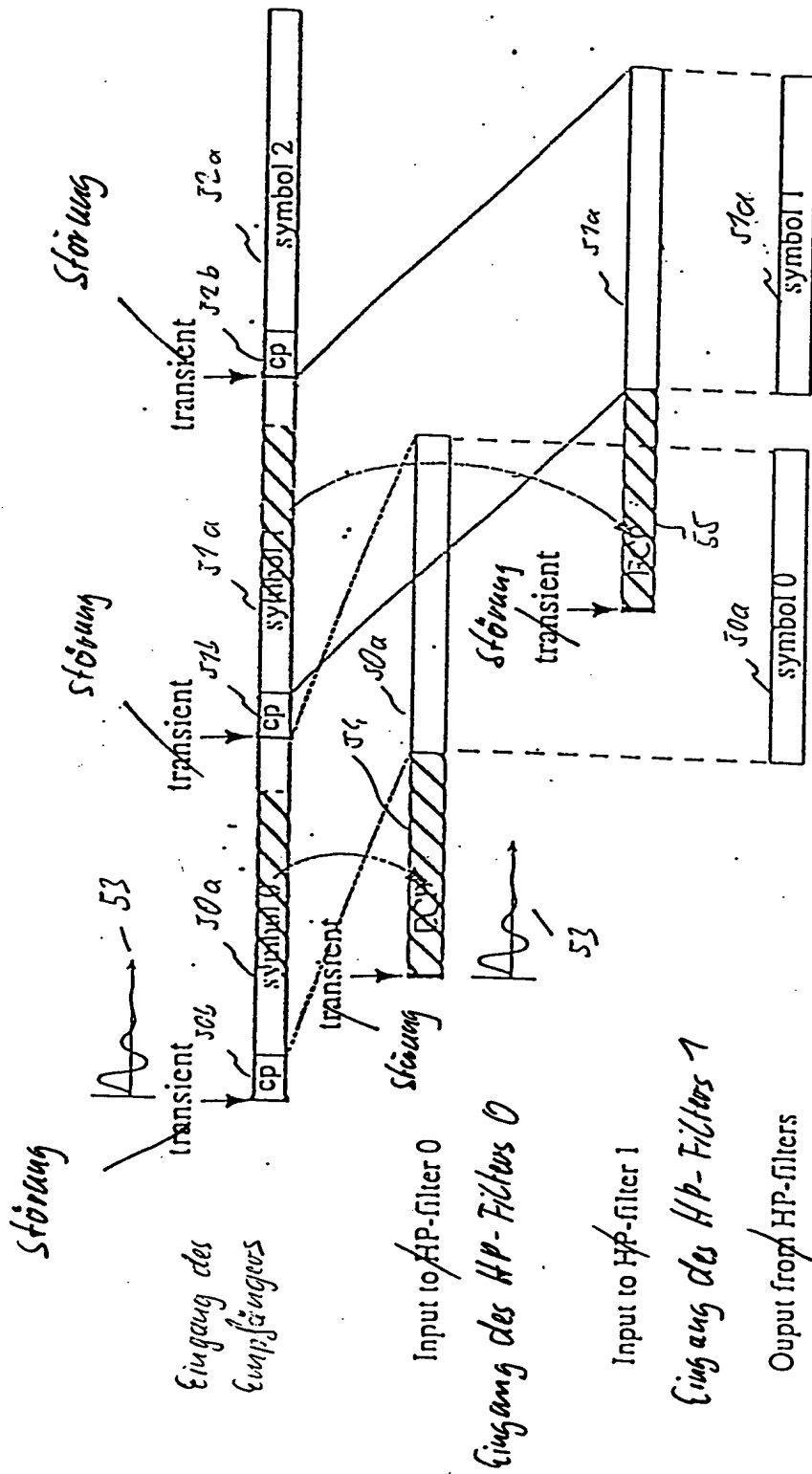


Fig 4

HOFFMANN · EITLE
PATENT- UND RECHTSANWÄLTE

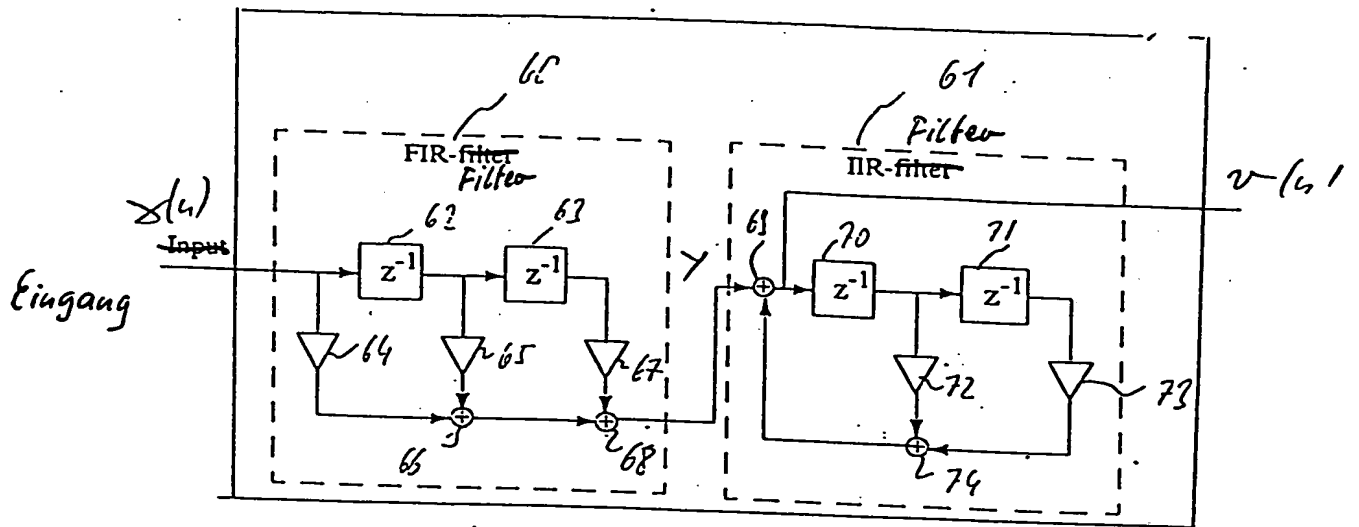


Fig. 5a

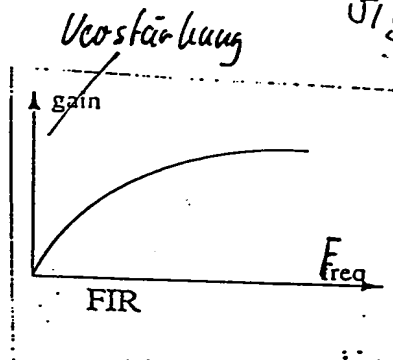


Fig. 5b

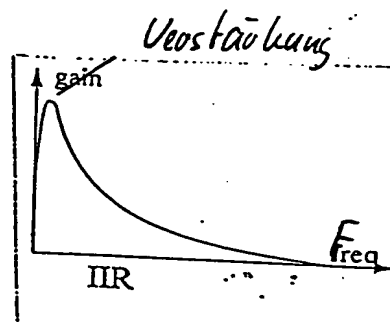


Fig. 5c

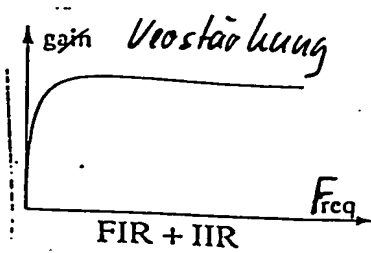
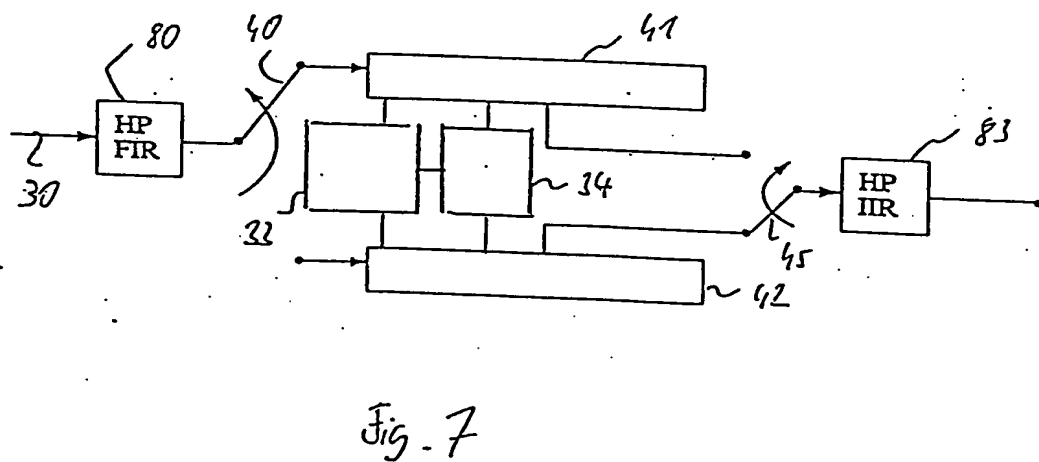
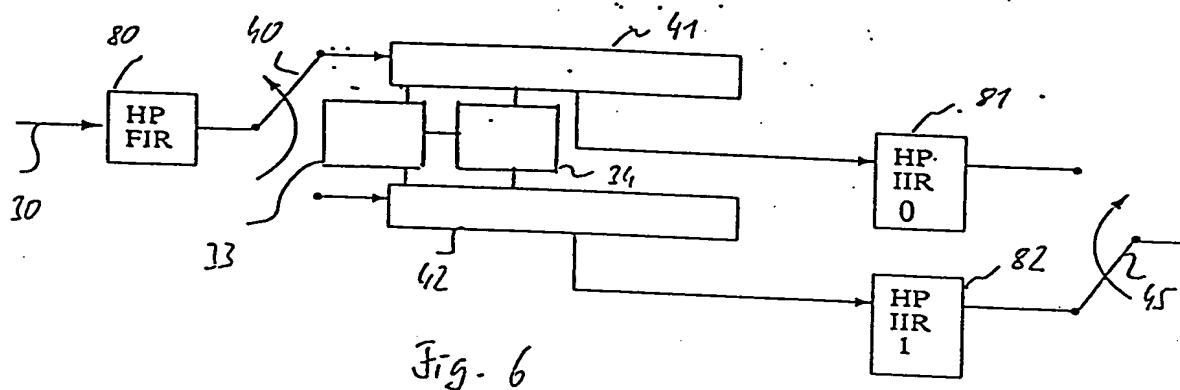


Fig. 5d

HOFFMANN . EITLE
PATENT- UND RECHTSANWÄLTE



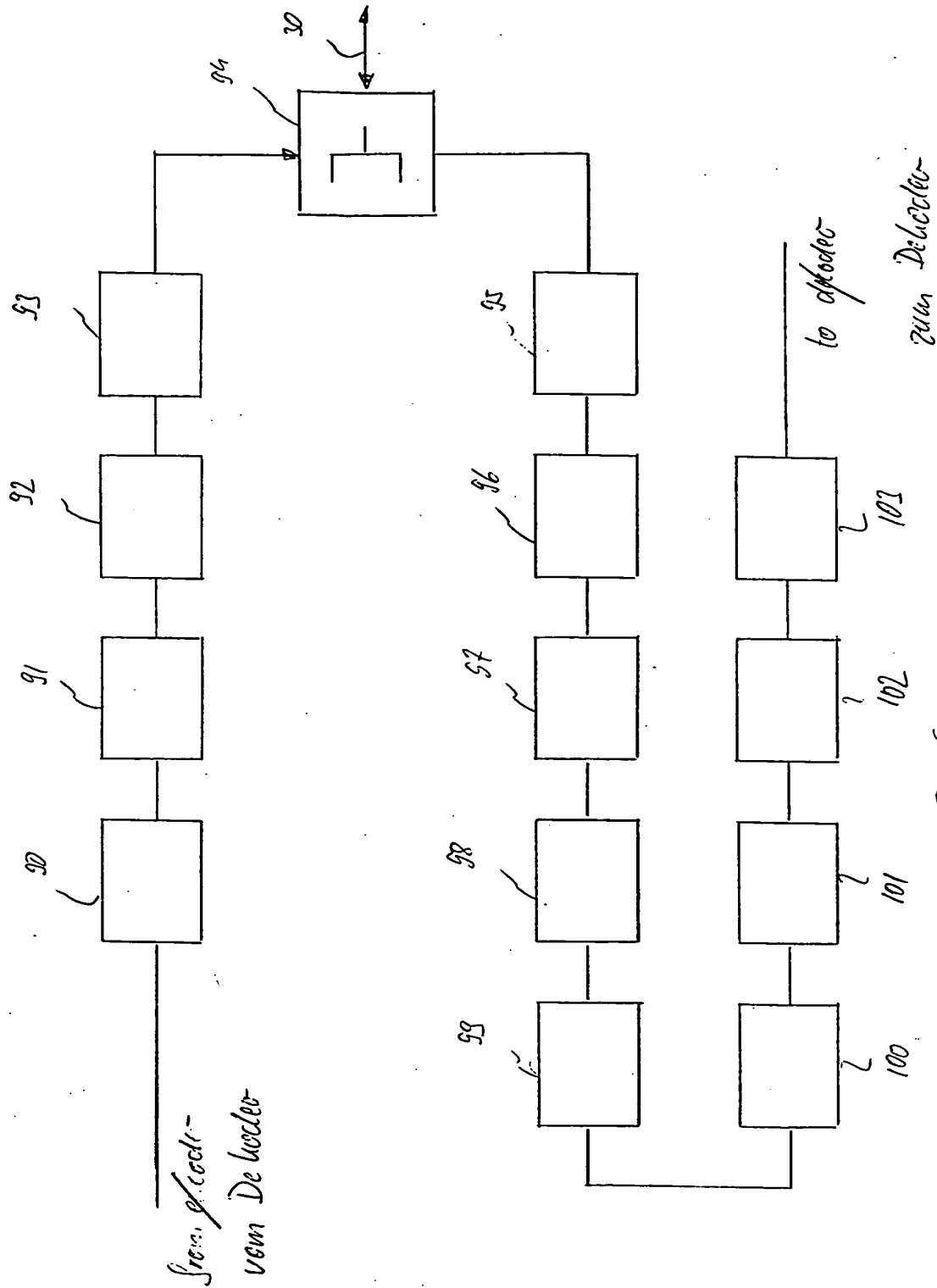


Fig. 8

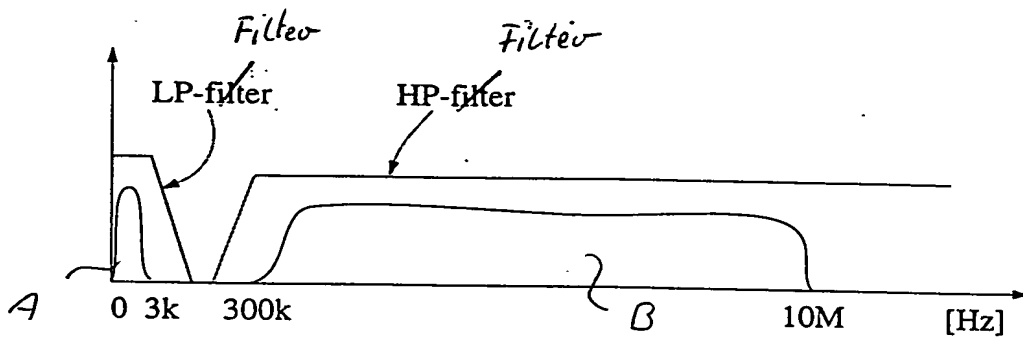


Fig. 10

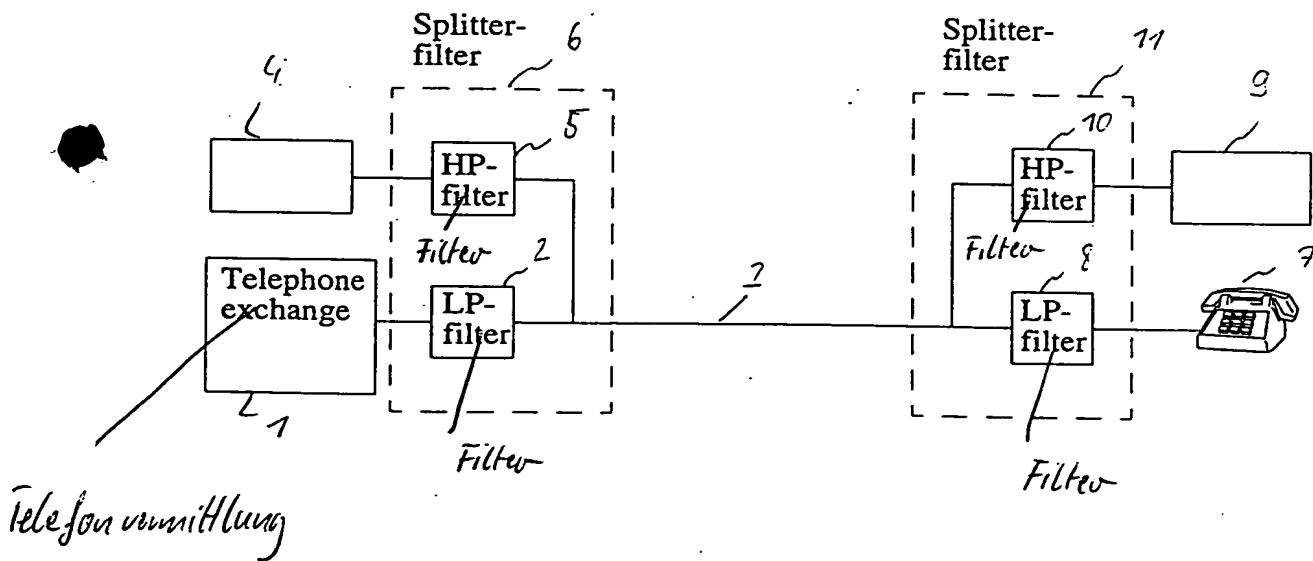


Fig. 9

Kopie des Endes des gesendeten Signals

copy end of send symbol

Fig. 11a

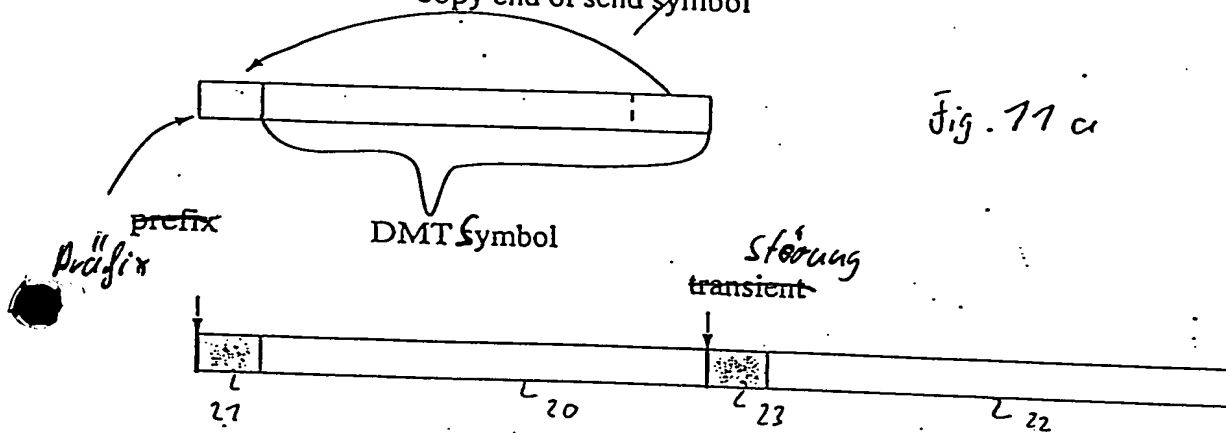


Fig. 11b

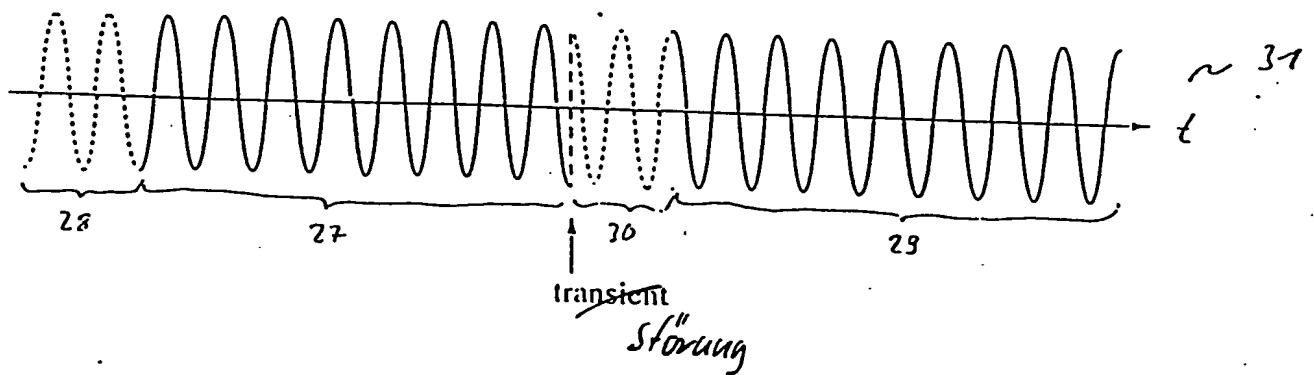
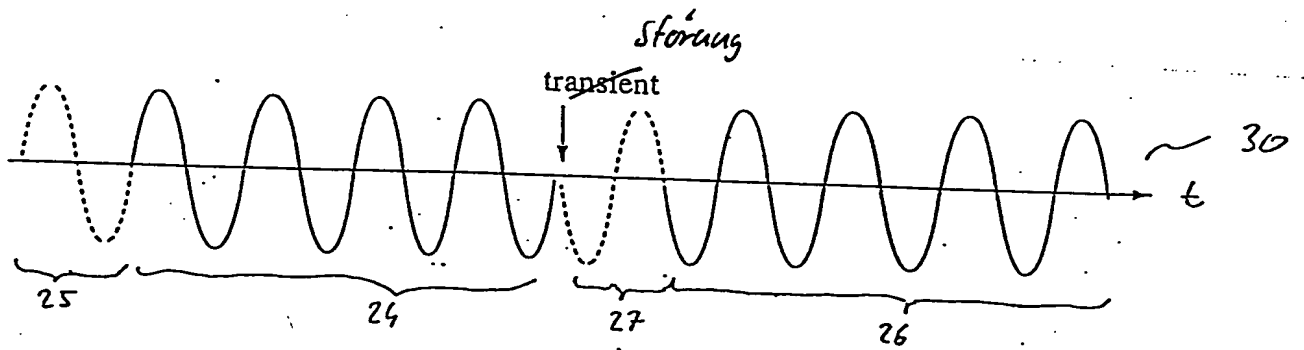


Fig. 12

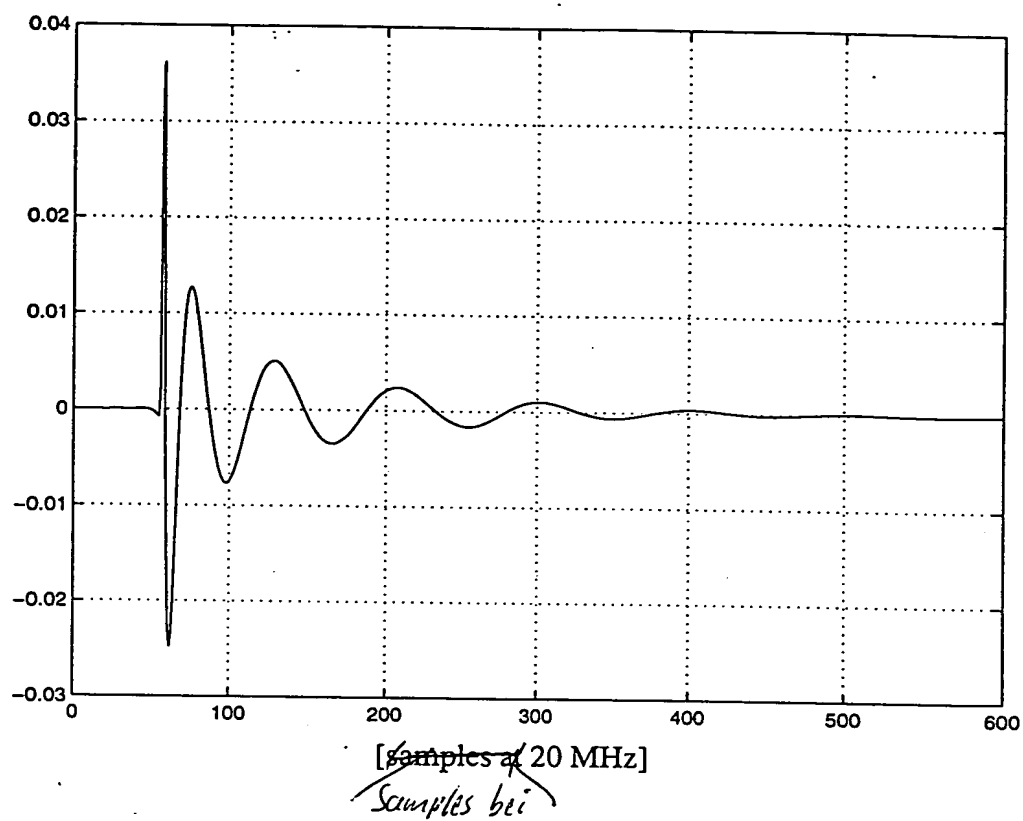


Fig 13